

**MAGNETIC FLUID****Publication number:** JP61244004**Publication date:** 1985-10-30**Inventor:** NISHIKAWA TAKEO**Applicant:** NISHIKAWA TAKEO; WATANABE SUSUMU;  
MORIMURA BROS INC**Classification:**

- international: *C10M103/04; C10M103/06; C10M125/04; C10M125/10;  
H01F1/44; C10N10/02; C10N10/04; C10N10/06;  
C10N10/08; C10N10/10; C10N10/16; C10N40/14;  
C10M103/08; C10M125/00; H01F1/44; (IPC1-7):  
C10M125/04; H01F1/28*

- European: H01F1/44M

**Application number:** JP19850084629 19850422**Priority number(s):** JP19850084629 19850422

Report a data error here

**Abstract of JP61244004**

**PURPOSE:** To obtain the magnetic fluid having a high magnetic sensitivity, a high thermal stability and electric conductivity by a method wherein fine powder having the easily wettable characteristics with the specific elements is used for manufacture of the said magnetic fluid, and a low melting point alloy composed of the group consisting of various elements and Ga is used as the dispersion medium for the above-mentioned fine powder. **CONSTITUTION:** When a magnetic fluid is going to be manufactured, first, a Ga low melting point alloy material is prepared, and using said alloy material as a dispersion medium, a magnetic material is dispersed in the dispersion medium. When a Ga low melting point alloy is going to be manufactured, each component of adding material is added to the Ga of liquid state simultaneously, or an alloy is made separately using each adding material in advance, it is added to Ga, and the Ga low melting point alloy is obtained by heating up and stirring the above-mentioned material. This material is used as a dispersion medium. In an electric decomposing method among various methods of decomposition, an electrolytic method is performed using Fe, Co, Ni or the alloy consisting of these materials as an anode and using a Ga low melting alloy material as a cathode. The Ga low melting point alloy material of cathode is collected at the bottom of an electrolytic cell, and the discharge-deposited Fe, Co, Ni and the like are formed into a film. The film is easily brought into the state of fine powder by stirring the cathode or by applying vibration thereon, and it is dispersed into the cathode.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

㊧ 公開特許公報(A) 昭61-244004

㊨ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

㊩ 公開 昭和61年(1986)10月30日

H 01 F 1/28  
C 10 M 125/04

7354-5E  
8217-4H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

㊪ 発明の名称 磁性流体

㊫ 特 願 昭60-84629

㊬ 出 願 昭60(1985)4月22日

㊭ 発 明 者 西 川 武 夫 茅ヶ崎市松が丘1-6-15  
㊮ 出 願 人 西 川 武 夫 茅ヶ崎市松が丘1-6-15  
㊯ 出 願 人 渡 邊 迪 町田市玉川学園3-6-13  
㊰ 出 願 人 森村商事株式会社 東京都港区虎ノ門1丁目3番1号  
㊱ 代 理 人 弁理士 小松 秀岳 外1名

9月 9日 公開

1. 発明の名称

磁性流体

2. 特許請求の範囲

高磁気感受性を有し、Ga、Sn、In、Zn、Ca、Bi、Sb、Ag、Alと称れ得る物質を有する微粉末が、上記各元素からなる群の1種又は2種以上とGaとからなる低融点合金である分散媒中に分散していることを特徴とする磁性流体。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、シールを始め流動体の固定、ダンパー、ベアリング、非固定導電素子などの各種の応用分野に利用することができる磁性流体に関する。

従来の技術

従来、実用に供されている磁性流体は、マグネタイトFe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>の微粒子の表面をオレイン酸やリノール酸のような鎖状不飽和脂肪酸で被

覆し、これを炭化水素や水等の媒体中に安定分散させたコロイド溶液である。これら磁性流体は流動性と磁気吸引性を併せて有するため、近年各種の分野に利用され、更に開発が続けられている極めて有用な材料である。

発明が解決しようとする問題点

従来の磁性流体には、以下に記載するような問題点がある。

これらの磁性流体は、いずれも有機化合物や水が分散媒として含有されているために、分散媒の熱分解や蒸発を伴う温度-圧力条件下では使用できない欠点をもっている。

又これらの磁性流体の磁化の強さIは、次の式

$$I \propto \frac{1}{s} \cdot X \quad \cdots (1)$$

I : 分散粒子の磁化の強さ

X : 該粒子の容積含有率

で示されるが、マグネタイトでは $1.5480 \text{emu} / \text{cm}^3$ であるので、強磁性元素のFeの $1720 \text{emu} / \text{cm}^3$ 、Coの $1420 \text{emu} / \text{cm}^3$ に較べて

着しく低い。また容積含有率も粒子の直径が微細化すると、安定に分散した流体を保持するための約12%が限界であり、したがってマグネタイトを含む磁性流体の $\eta$ 値は50 $\text{cm}^2/\text{cm}^2$ 程度と限定される。

この磁性流体を15kOeの縦偏の磁石に吸引する力は $1 \cdot H = 50 \times 15 \times 10^3 = 0.75 \times 10^8 \text{ dyne/cm}^2$ となり、さほど高い値ではない。更に高い磁気感受性が望まれている。

そこで流体金属として水銀やNaKを分散媒として強磁性体金属Fe、Co、Niなどの微粉末を分散させる磁性流体が研究されているが、水銀は蒸気圧が高かつその蒸気は有毒であり、NaK合金は反応性が高いくずれも使用温度、雰囲気及び使用方法に大きな制限を受けざるをえない。また、導電性を兼ね備える磁性流体は知られていない。

本発明は、従来の磁性流体に存在する問題を解決することによって、高い磁気感受性を有し、熱安定性が高く、かつ導電性を兼ね

備えた磁性流体を提供することを目的とするものである。

#### 問題を解決するための手段

本発明は、磁性材料の微粉末を分散媒中に分散させて成る磁性流体において、該微粉末の材料に、高磁気感受性を有し、Ga、Sb、In、Zn、Cd、Bi、Sn、Ag、Alの各元素とめれ易い物性を有する微粉末を用い、該分散媒に、上記各元素からなる群の1種又は2種以上とGaとからなる低融点合金を用いることによって、前述の問題点を解決したものである。

以下、本発明の磁性流体を構成する分散媒の低融点合金、高磁気感受性材料及び磁性流体の製造方法等について述べる。

#### A. 低融点合金

本発明における低融点合金の主成分である

Gaは下記の性質を有する低融点金属である。

融点	29.8℃
沸点	2071℃(推定)

このG、Sb、In、Zn、Cd、Bi、Sn、Ag、Alの蒸気圧も同様に低いので、Ga合金としてもその蒸気圧は無視できる微小値とみてよい。

#### 粘度

Gaの粘度は表2表に示すとおりである。

第2表

温度℃	粘度*	温度℃	粘度*
52.9	0.019	402	0.009
97.4	0.016	506	0.008
149	0.014	609	0.007
200	0.013	800	0.006
391	0.01		

\* poise (dyne cm/cm<sup>2</sup>)

水の常温の粘度は約0.01poiseであり、Ga合金は水に近い流体である。又蒸気圧と同じく合金もこれに近似とみてよい。

#### 熱伝導度

Gaの熱伝導度を他の物質と比較して示すと、下記の表のとおりである。

#### 蒸気圧

原子分子体と仮定すると、

$$\log p = -10280/T - 1.27 \log T + 14.123$$

$$p: \text{mmHg}$$

$$T: ^\circ\text{K}$$

これを具体的数値でHgと比較してみると、第1表に示すとおりである。

第1表

温度℃	蒸気圧 mmHg	
	Ga	Hg
50	$10^{-29}$	$1.3 \times 10^{-2}$
100	$10^{-23}$	0.27
250	$3.5 \times 10^{-17}$	—
357	—	760 (1気圧)
500	$10^{-11}$	(8気圧)
1000	$2.5 \times 10^{-5}$	
1500	10	

例えば、500℃を工業的利用における温度の限界とみると、Ga自体の蒸気圧は無視できる程低い値であり、添加成分元素であると

第3表

物質	熱伝導度 ( $J/cm \cdot s \cdot ^\circ C$ )
Ga	$3.36 \times 10^{-4}$ (30~100 $^\circ C$ )
Cu	3.85 (0 $^\circ C$ )
Hg	$0.9 \times 10^{-4}$ (0 $^\circ C$ )
水	$5.95 \times 10^{-4}$ (30 $^\circ C$ )
有機液体	$1.5 \sim 2 \times 10^{-4}$
空気	$0.24 \times 10^{-4}$

Gaは良導体のCuの1/10であるが水銀より良く、水、有機液体に比すれば50~200倍も良導性である。又高気圧と同じく合金もこれに近似とみられる。

## 電気導電性

Gaの電気抵抗値を他の物質と比較して示すと下記第4表のとおりである。

第4表

物質	電気抵抗値 ( $\Omega cm$ )	物質	電気抵抗値 ( $\Omega cm$ )
Ga	$40 \sim 50 \times 10^{-6}$ (30~50 $^\circ C$ )	Fe	$9.8 \times 10^{-6}$ (20 $^\circ C$ )
Ge-Sn-In	$30 \sim 40 \times 10^{-6}$ (20 $^\circ C$ )	貴金属	$5 \sim 7 \times 10^{-6}$
Ag	$1.62 \times 10^{-6}$ (20 $^\circ C$ )	Hg	$95.6 \times 10^{-6}$ (20 $^\circ C$ )
Cu	$1.72 \times 10^{-6}$ (20 $^\circ C$ )		

これらの成分はいずれも常磁性又は反磁性体であり磁場の影響は事実上受けない。合金の融点はNo.10は特別に低いが8~11  $^\circ C$ の融点のものは多く存在する。

これらのGa系低融点合金の組成成分と親和力が高くぬれ易い、感磁性のある微粒子は合金に凝集粗大化することなく安定分散する。Fe、Co、Ni及びそれら合金はいずれもその性質をもっている。

またGa系低融点合金の組成成分はCdを除きいずれも毒性がないので、表5のNo.13と14を除き毒性はないといえる。

以上の点を総合してみると、Ga系低融点合金は磁性流体の分散媒として懸濁材料の一つということができる。ただ10  $^\circ C$ 以下の低温では凍結する危険があるが、それ以上では相当高温まで安定といえる。更に良熱伝導性と良電気導電性を備えていることは大きな特色である。

## B、高磁気感応性材料

Ga、及びその合金はやや電気抵抗は高いがHgより低く、充分導電材料として使用できる。水、有機物はGaに比較すると絶縁物に近い。

## 合金の組成例

Ga系低融点合金の組成例を、それらの融点を併せて下記第5表に示す。

第5表

No.	化 学 成 分 (wt%)								融 点 (℃)
	Ga	In	Sn	Zn	Cd	Bi	Ag	Al	
1	99.35						0.65	26.5	
2	97						3	25	
3	95			5				25	
4	92		8					20	
5	75.5	24.5						15.7	
6	82		12	6				17	
7	74	24					2	14.2	
8	69.8	17.6	12.5					10.8	
9	65	22	9	4				8.5	
10	62.3	20.5	8.5	3.8			4.4	0.0~2	
11	73.5	22	4.5					13	
12	72.9	22	3.5	1.6				< 10	
13	72	21	4	1	1.5	0.5		< 10	
14	70	21	5.5	3	0.5			< 10	
15	71.6	22	4	1.6			1	< 10	

現在市場にある磁性流体においては、マグネタイト $Fe_3O_4$ を数百分の濃度にして媒体中に安定分散してある。マグネタイトは化学的に安定であるので安定分散するためには、この程度まで微細化しなければならない。

しかも、その上に安定剤として不飽和脂肪酸の添加を必要とする。この状態ではマグネタイトは単純に直径を超えて小さくなり、恐らく超常磁性の性質に近づく磁気的性質の高い磁性材料になっているものとみられる。この結晶外部磁石に対する吸着性が顕著するほど高い値を得ることができない。

これに対して本発明においてはこのような制限は全く受けないのが特徴である。すなわち、Ga系低融点合金と親和力が高く、ぬれ易い超常磁性の材料であれば磁気的に計算上は硬質の別は問はない。またその分散粒子径の大小は懸濁媒体として安寧なく作動し、磁場中であつては分散粒子が分散媒から分散するような不安定さが起らない状態にあること

を満足する粒子径であればよい。このような選択の条件でできるだけ高い磁気感受性の材料を選べばよい。

#### (1) 軟質磁性材料

代表的な材料は純鉄、コバルトニッケル及びそれらの合金例えば電磁クイ集鉄やパーマロイ等が挙げられる。純鉄の磁化の強さ  $\chi_s = 1720 \text{ gauss} / \text{Oe}^2$  であり、マグネタイトの  $480 \text{ gauss} / \text{Oe}^2$  に比べて格段に高い。軟質材料は保持力はないので材料自体は磁場をもちない。この材料を分散粒子とした磁性液体の外磁石の磁場  $H_0$  に対する吸引力  $F$  は

$$F \propto H_0 \cdot \chi_s \cdot X \quad (2)$$

となる。

#### (2) 硬質磁性材料

保持力をもった材料でその高度のものは永久磁石である。保持力は磁気異方性に関係する。この材料の微粒子を含む磁性液体では粒子の直径が小さくなるに伴って磁場が弱くなるが、磁性液体としての機能を満足する範囲

においてもなお或程度の磁場を保持するような高保磁力の硬質材料を選ぶときは、特別的性状を示す。外磁石に対する吸引力は親液体の磁場  $H_0$  が加算され、

$$F \propto (H_0 + H_i) \cdot \chi_s \cdot X \quad (3)$$

となり、材料の磁場の強さ、すなわち磁気異方性が寄与することになる。

現在市場にある永久磁石の大部分は単磁区の微粒子磁石に属する。単磁区になる微粒子径  $D_0$  は

$$D_0 \propto \gamma / \chi_s \quad (4)$$

$$\gamma \propto K / e^{1/2} \quad (5)$$

ただし  $\gamma$  : 磁壁エネルギー、 $\chi_s$  : 磁化の強さ、 $K$  : 磁気異方性定数

計算によれば  $D_0$  は、 $F$  では  $0.01 \mu$ 、 $Ba$  フェライトでは  $1 \mu$ 、 $RCo$  では  $4 \mu$  ( $R$  : 希土類元素) といわれている。単磁区粒子には磁壁が存在せず、磁化は回転のみにより進行する。微粒子に磁気異方性があると、これが高い保持力の原因になる。

磁気異方性には主として形状異方性と結晶磁気異方性がある。アルニコ磁石や  $ESD$  磁石は前者に、 $Ba$  又は  $Sr$  フェライト、 $PtCo$  及び  $RCo$  は後者に属する。

結晶磁気異方性材料が保持力もエネルギーも高い、中には希土類- $Co$  磁石が高く、特に  $SrCo$  が高い。現実はこの材料は市場で

$$BH_{max} \quad 18 \sim 26 \times 10^4 \text{ G} \cdot \text{Oe}$$

のものが入手できる。又  $G$  系低融点合金との複合力は大でよく濡れ、かつ脆いので容易に適当な粒度に調整され安定分散された状態で、それ自身が磁場を保有する磁性液体を得ることができる。

#### C. 磁性液体の製造方法

本発明による磁性液体を製造するには、まず  $G$  系低融点合金材を製造してこれを分散媒とし、磁性材料をこの分散媒中に分散させる。以下に  $G$  系低融点合金の製造方法及び磁性材料の分散方法について説明する。

#### (1) $G$ 系低融点合金の製造

液状 ( $30^\circ\text{C}$  以上) に保持した  $G$  系中に各添加物成分を同時に添加するか、又はあらかじめ別に各添加物で合金を製造しておき、それを  $G$  系中に添加して加熱攪拌すれば得られる。これを分散媒とする。

#### (2) 磁性材の分散方法

磁性材料の微粉末を  $G$  系低融点合金の分散媒中に混合し分散させる方法には、以下の各手段がある。

##### 1) 溶剤分析法

溶剤に  $Fe$ 、 $Co$ 、 $Ni$  又はそれらの合金材、あるいは白金体の表面にこれら金属、合金をメッキしたものをを用い、溶剤に  $G$  系低融点合金材を用いて、上記溶剤材の成分 (白金を除く) の溶を含む酸性水溶液、一般には硫酸溶を含んだ硫酸水溶液を溶剤液として溶解を行なう。熱極の  $G$  系低融点合金材は溶解槽の底にたまる。

溶剤が  $H_2$  に似た液体であるのでこれに

放電析出したFe、Co、Niなどは鋼状に生成する。殊極を浸漬又は運動を加えると鋼は容易に粉砕化され殊極中に分散する。この操作を連続的又は間欠的に繰り返しながら電解を続けると3~5%容積比の含有率に達する。殊極物質を取り出し、水洗、脱水のあと稀薄し分散粒子を適当な粒度まで粉砕調整し、そのあと適当な力で遠心分離して過剰のG<sub>2</sub>系合金を除去、流動性をもち、しかも磁場においても粒子が、磁気分離しないで、安定に分散したグリース状の磁性流体を得る。

電解槽の底に於て下から磁場をかけるに殊極に析出した生成物又はそれを殊極細粉化した粒子は磁場吸引されて殊極の底にたまり、殊極表面には常に粒子の含量の少ない成分が無るのでこの操作は、磁性材料の濃度が異なる磁性流体の分別手段として有用である。

## 2) 機械粉砕法

分散液中で磁性材料を機械粉砕する。粉砕の瞬間に、生成粒子の表面には新生面が現れるがG<sub>2</sub>系合金と直ちに接触し合金化しぬれるので、酸化することがなく安定な分散粒子となる。G<sub>2</sub>系合金中で粉砕することが必要条件である。

粉砕法のうちで次の手段が特に推奨される。それは、鉄ヤスリを使って、磁性材料に薄、又はプレート状のものを選びG<sub>2</sub>系合金中で摩擦粉砕する手段である。この磨削化していない材料では摩擦面の近くに磁石を該材料に吸着させる。磁石から生ずる磁場は摩擦面に集中し該材料とヤスリ間に吸引力が生じ、生成した粒子は摩擦面とその近傍に吸引される。摩擦運動中に再摩擦や共潤りの機会が多い。磨削されてある材料では自身の磁力があるから他の磁石の補助不要である。この方法は極めて有用なものである。

粉砕分散後、必要ならば、電解法の脱水後の工程に準ずる。

## 0. 磁性流体のレオロギー的性質

分散粒子は粉砕工程で、工業的には粒径100~200 Å (10~200 μ) にまで微粉砕されるが、5000 Å (500 μ) になるとすでにコロイド粒子として挙動するといわれる。粒子の形状によっても違いますが、分散粒子の濃度の増大に伴ってニュートン流体的性質からチクソトロピー的流体に性質が変化する。すなわち、静止時には流動しないが、外力が加わると容易に流動する降伏点をもつ流体になる。これを図で定性的に示すと第2図に示したような性質になる。

v … 流速

P … 外力

この分散液を磁場に加えると第1図に示すような変化が見られる。すなわち、磁場の作用がないと第1図aのように容積1の中にある分散液体3であるが、磁石2により磁場が作用すると分散質の濃度が小さいときは第1図bのように磁石2に強い寄せられた成分

(分散質)の濃度の大きい部分Aと磁石の影響を受けない成分(分散媒)を主とする部分Bに分断する。分散質の濃度が大きいと、ほとんど分離せずに、第1図cのように磁石2に強い寄せられる。部分Aは高濃度磁性粒子が最小の分散媒を伴って濃縮された部分であり、部分Bは余剰の分散媒からなる部分といえる。濃縮された部分の粒子濃度は、粒子の形状と粒径と磁場の強さにより決まる。したがって、粒子形状と粒径が目録値に達した後、充分高い磁場中におき、余剰の分散媒を分離除去する手段として応用することもある。

## 実施例1

82Ga-12Sn-6Znの合金(第5表No.6)中で鉄を粉砕し、濃度7%懸濁させた分散体は、18℃で突然にチクソトロピー性を示し、500℃に加熱後も変化のない磁性流体であった。

この分散液が電気伝導性であることは他の磁性流体にない特徴である。

## 実施例 2

各供試材として、分散媒に第5表のNi<sub>0.8</sub>のGa<sub>0.1</sub>Ir<sub>0.1</sub>S<sub>0.8</sub>合金を用い、磁気感受性材微粉末の原料にそれぞれ異なるものを用いて、それら微粉末をそれぞれ分散媒内に混合し、分散させて磁性流体を製造した。微粉末の原料と分散方法は第7表に示すとおりである。各供試材について磁気吸引力Fを以下に記載する測定方法によって求めた。それらデータは同表に示すとおりであった。

第7表

供試材 No.	磁気感受性材料 原料	分散方法	性 状	磁気吸引力 F		備 考
				実 測値と (g)	比 較値 (%)	
1	Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	電解	軟グリース	20	4.7	Fe: 10.0wt% (9.1vol%)
2	Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	電解	軟グリース	22	5.1	Fe: 12 (10.2)
3	普通鋼	摩損	軟グリース	37	8.6	Fe: 8.7 (7.3)
4	普通鋼	摩損	軟グリース	44	10.2	Fe: 9.3 (7.8)
5	高純化鋼	摩損	軟グリース	46	10.7	Fe: 5.2 (4.3)
6	高純化鋼	摩損	軟グリース	55	12.8	Fe: 5.75 (4.8)
7	Sa <sub>2</sub> Co <sub>2</sub> 磁石	摩損	軟グリース	80	18.6	高純化炭素磁石 となる

フックが掛けられる。

磁石には、信越化学製のSa-C<sub>0</sub>磁石R-18A (エネルギー積18×10<sup>3</sup> G・Oe)を用いた。

磁石と供試材間の距離Zは、容器の底面厚さによって、供試材の底面で40mm、上面で6.0mmとなる。

ここで、標準試料としてFeを用いると、各供試材とFeとについて、式(9)のV、H、 $\partial H / \partial Z$ が同一値であれば、供試材の吸引力FはFeのそれとの比率でも示される。またFeの1値が知られているので、供試材の1値も知ることができる。更に(1)、(2)、(3)式と(9)式を合せて、磁性流体の吸引力Fと、分散粒子の含有率(X)の関係もわかる。実際には標準試料にS15C材を用いた。S15Cの吸引力が強すぎてスプリングはかりの読みがやや不正確であるので、磁石との距離をいろいろ変えてFを測定し、それら値を距離の二乗の逆数で整理してグラフ化し、定数の

## 磁気吸引力Fの測定方法

供試材(φ20×2)を入れた非磁性容器(日C 6材)を鉄ブロック上に固定した磁石(φ24×16)に接触させておき、容器に結び付けた木綿ひもを滑車とスプリングはかりを介して引違て、容器を磁石から引き離すのに要した力をスプリングはかりの読みで求め、これから容器と供試材の自重を差し引いて吸引力Fを式によって算出して求める。

$$F = M \partial H / \partial Z = V I \partial H / \partial Z \quad (9)$$

ただしM: 供試材の磁気モーメント

I: 磁化の強さ

V: 容積

Z: 引き離り方向の距離

容器は、供試材を置くサンプル皿とサンプル皿を内部に密着状態で収納する外側の受け皿とから成っている。サンプル皿の内寸はφ20×2で供試材を密着状態で入れる。両方の皿の底の厚さは共に2mmである。受皿の外側に容積筒で3段、木綿ひもの取付けのための

4.0mmでのF430gを測定した。

第7表のデータから考察すると、以下のことが知見された。

- 1) 分散方法や原料の変わった場合吸引力は大幅に変わってくる。しかし同一製造条件では含有粒子の量度にはほぼ比例する。
- 2) 軟質磁性材より硬質磁性材の方が磁気吸引力は高い。これは(2)式と(3)式に示したように磁性流体のもつ磁場が寄与するためと思われる。
- 3) 特に強力な永久磁石Sa-C<sub>0</sub>を用いると吸引力は著しく高まり、しかもその磁性流体自体でも弱い磁石となり、ガラス容器を通して鉄片を吸引することが分かった。
- 4) 本発明の磁性流体はいずれも軟グリース状になる。製造の初期には液状であるが、この段階では磁場中で分散粒子と分散媒が分離してしまう。分離しない状態まで粒子原料を選択すると、軟グリース状に高着く。軟グリース状であっても磁性流体とし

て多くの使用条件を満たすものと思われる。

#### 発明の効果

本発明による磁性液体は、分散媒の熱安定性が高く、またその毒性が無いので、使用温度、雰囲気、使用方法に制限が無い。

また、磁性液体に含まれる高磁気感受性材の微粒子は、分散媒の組成成分とぬれ悪く、親和力が大きいため、分散の安定性が高い。該微粒子の材料は、軟質及び硬質の磁性材料のいずれも利用できる。特に  $\text{SiO}_2$  のような強力な硬質磁性材料を用いると、特別の用途が考えられる。

更に本発明による磁性液体は、導電材料としても有用である。

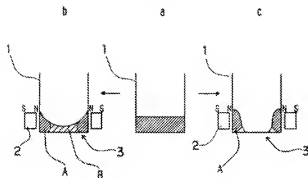
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図 a~c は、この発明の液体の性質を示す説明図を示す。

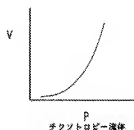
第2図は、チクソトロピー液体の性質を示すグラフ。

1…容器、2…磁石、3…磁性液体、

第1図



第2図



特許庁長官 宇賀 通 郎 (自発)

昭和61年3月12日

特許庁長官 宇賀 通 郎 殿

#### 1. 事件の表示

特開昭60-84629号

#### 2. 発明の名称

磁性液体

#### 3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

氏名 西川 武夫 (ほか2名)

#### 4. 代理人

〒107 (電話586-8854)

住 所 東京都港区赤坂4丁目13番5号

赤坂オフィスハイブ

氏名 (7898) 井堀士 小松 秀雄 (ほか1名)

#### 5. 補正命令の日付 (自発)

#### 6. 補正の対象

明細書中、発明の詳細な説明の欄

#### 7. 補正の内容

(1) 明細書第13頁第14行と第15行との間に下記文を挿入する。

#### (3) 鉄酸化物

磁化の強さの高い物質中、Fe、Ni、Coなどの金属単体又は合金微粉末はGa低融合金中に分散させた場合Ga原子の拡散により中間化合物又は合金化して高磁性が消失する恐れが、一般にある。常温下では拡散速度が小さいので、かかる現象は現れないが、やや高温になると現れてくる。この点を考慮して理論的に拡散による変質の恐れのない強磁性体の  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を採り上げた。

$\text{Fe}_3\text{O}_4$  は2価と3価の鉄塩溶液 ( $\text{Fe}^{2+}$  と  $\text{Fe}^{3+}$ ) の共沈反応で得た水酸化物を脱水、洗浄乾燥して得られる黒色粉末である。その最終の粒子の表面状態によりGa合金への濡れ性が極端に違う。その理由や原因はよく分らないが濡れ易い種類を使うと分散中にGaに粒子表面は完全に濡れてこの合金と同じ白銀状の色調になる。



$\text{Fe}_3\text{O}_4$  は現行の磁性流体に使われて、粒度を100 Å程度に超微粉にすることにより安定分散させることが知られている。

本発明において濡れ易い $\text{Fe}_3\text{O}_4$ をGa低融合金に混合分散させると、その濡れ性が奪与しているためか、粒子径が数百ないし数千と荒くても分散系は安定で、余分のGa合金を除いた状態ではグリース状で、且つさらさらしている。

$\text{Fe}_3\text{O}_4$ の磁化の強さは $480\text{emu}/\text{cm}^3$ でFeの $1700\text{emu}/\text{cm}^3$ に比して小さいが、粒子径が100Åを大きく越えた状態では半硬質磁性体として動き、磁場中では、高い磁化の強さを示す。」

(2)23 頁第1行と第2行との間に下記文を挿入する。

「実施例3

$\text{Ga}$ (100) - $\text{In}$ (25.2) - $\text{Sn}$ (17.9)	
	の合金 100部
$\text{Fe}_3\text{O}_4$	15部

を石川式真空撹拌機により、常温、 $100\text{ mm Hg}$ 以下の減圧下で混合し、得られた流体は白銀色の軟グリース状である。磁化の強さは $350\text{emu}/\text{cm}^3$ を示した。又、 $130\sim 140^\circ\text{C}$ に12時間放置しても、磁化の強さは不変であった。分散も良好、流動性も充分である。

実施例4

実施例3において $\text{Fe}_3\text{O}_4$ の量を10部とした以外は同様にして流体を得たところ、磁化の強さは $250\text{emu}/\text{cm}^3$ であり、その他は実施例3と同様の結果を得た。」